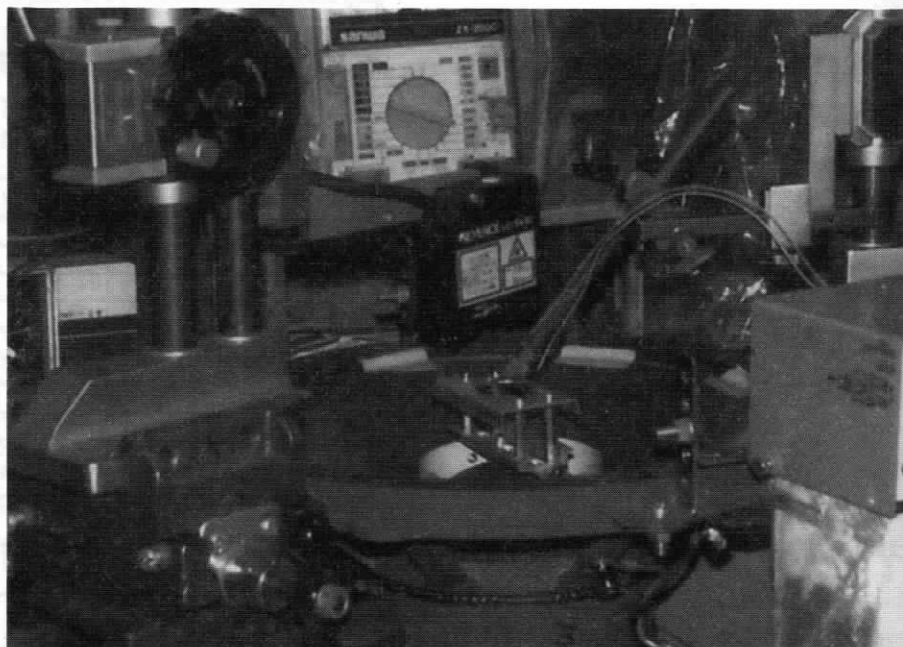
連載 オーディオ計測の散歩道

2音法を利用したオーディオ測定

(5) コーン紙の振動を静電変位計で観測

■小倉幸一■

●レーザー変位計と静電型変位針で同時にコーンの振動状態を観測する

コーン紙の振動状態の観察

MFB動作の起点は，ボイス・コイルの振動を入力信号に忠実に従わせようとする制御技術であるわけですが，音源としての音響パワーはコーンの振動パワーが主になっています．高音になると，ボイス・コイル自体の振動が幅を効(聴)かしてくるようにはなりますが，いずれにしても，コーン紙の振動が主役となります．

そのコーン紙がボイス・コイルに動かされている姿態は，総合した形でマイクによって検証されますが，コーン紙各部の微小範囲の振動姿態に異常があっても，マクロには目立たない…．そんな状態は，マイクでの物理的テストではf特の多少の凹凸でことがすんでしまいますが，感覚系ではそう簡単に片づけられません．これはスピーカの音色的クセとして，あのスピーカはネー…と話題なったりします．聴感覚の“変化への敏感さ”からすれば，もっと関心を持ってとりあげられるべき問題と思っています．

この散歩道もそこに注目して，なにがしかのキッカケが見つかればいいなと実験を続けることにします．

さて，実際にマイクや変位計を使って基礎実験をしてきましたが，レーザー変位計では反射鏡(板)の取り付けとセンサのセッティングがたい

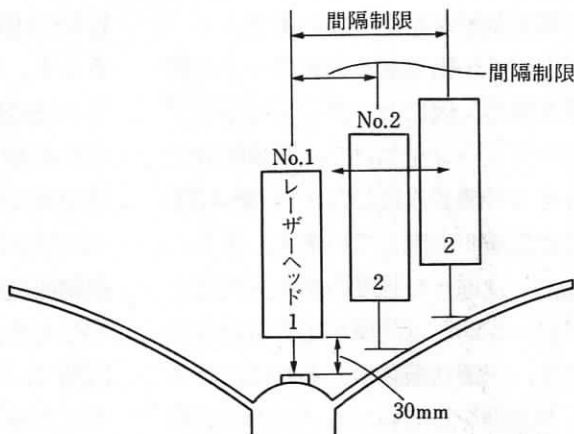
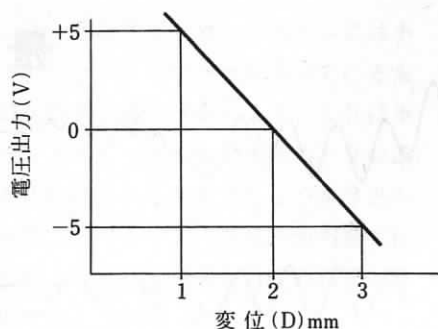
$$e=\frac{-C_3\cdot\Delta C}{(C_1+C_3)\cdot(C_1+\Delta C+C_3)}\,e\sin\omega t$$

$$=\frac{-\dfrac{\Delta C}{C_1}}{\left(\dfrac{C_1}{C_3}+1\right)\cdot\left(1+\dfrac{\Delta C}{C_1}+\dfrac{C_3}{C_1}\right)}\,e\sin\omega t$$

出力電圧eは，ろ波器を通して平滑されるので，(7)式においてC_1・$\ll C_3$．$\Delta C \ll C_1$の条件が成立するものとすれば，

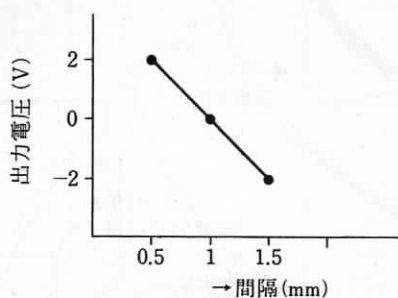
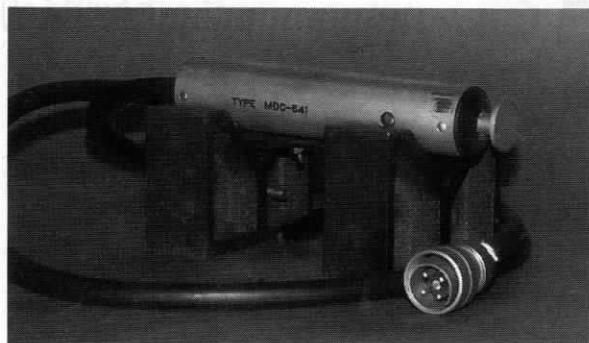
$$e=K\cdot\Delta C$$

〈第2図〉容量変化を使ってコーンの変位を調べる2つの方法．ここでは(A)を使った

〈第1図〉静電変位針の測定原理

〈第3図〉静電変位針の感度特性

〈第4図〉実測特性も十分だった

$$C = 8.855 \times \frac{S}{D} \times \varepsilon \times 10^{-3}$$

C：静電容量　pF
S：電極の対向面積　mm^2
D：電極の間隔　mm
ε：誘電体の比誘電率
（空気のときは≃1）

〈第5図〉静電容量の求めかた

●この静電型変位針は直径2cmもあって今回のような測定には向かなかった

へんでした．コーン紙各部の測定となると，時間ばかりかかってしまい能率が上がりません．

さらに，筆者の場合，センサのコーンに対する面のサイズ（68×25）mmがあり，コーンの開口角や直径によっては使用できません．2点の差が負られるよう，2個のセンサが使用可能ですが，スピーカの直径によっては実現できません（第1図）．センサのサイズを小さくしなければなりません．

そこで，登場するのが静電型変位計です．

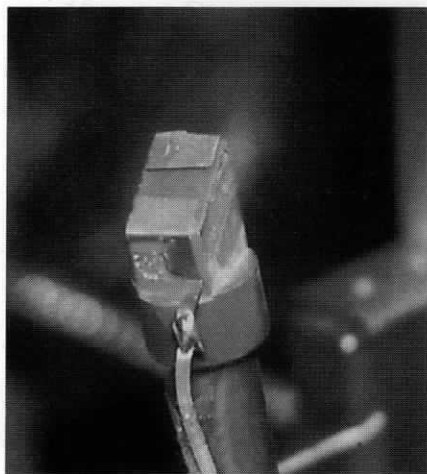
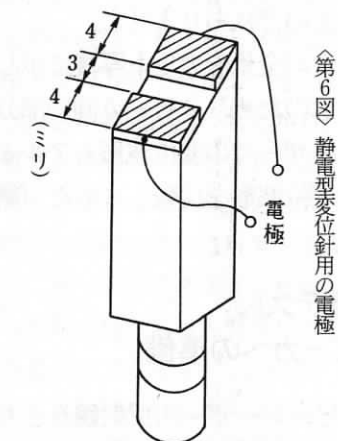
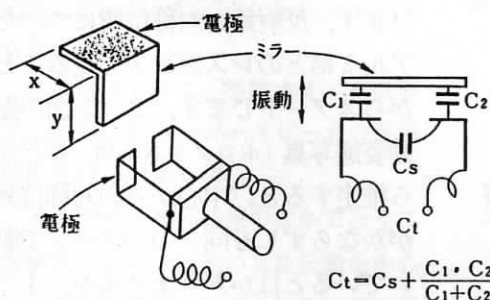
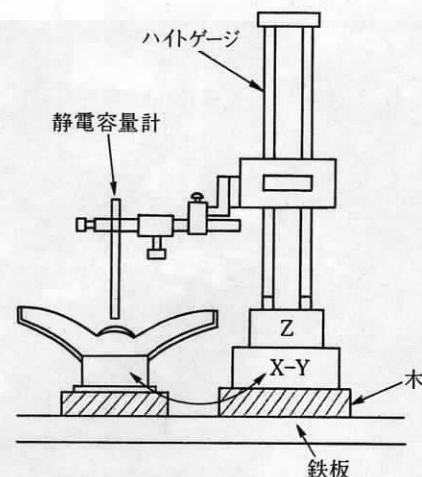
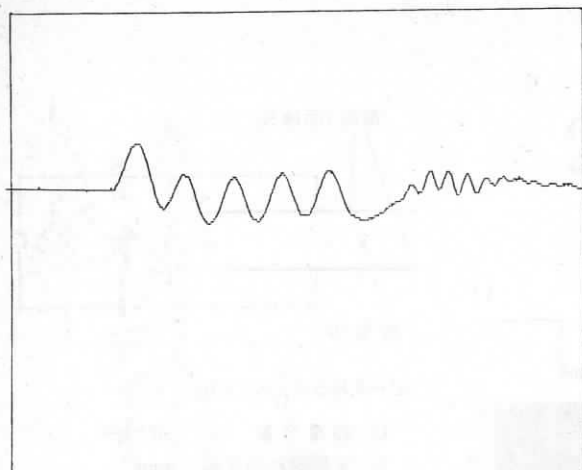
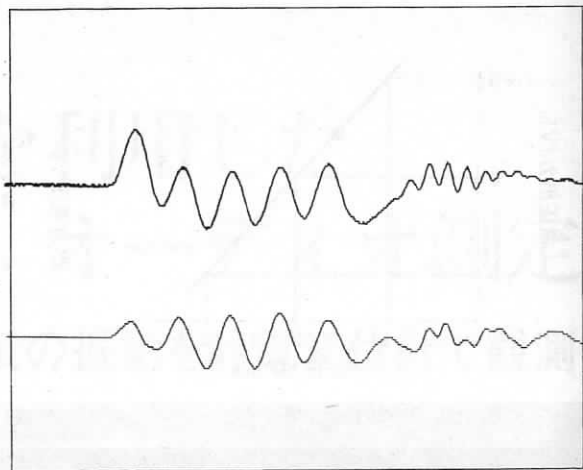
静電型変位計の性能

昔の静電型はセンサのサイズが大きく，感能部直径が20 mmもありました．その後，同一メーカーで任意のセンサ容量（pF）に対応するものが発売され，今回もこれを活用することにしました．

容量変化を電圧として取り出す原理図を第2図に示します（取扱説明書より転載）．式で示した条件内で，Cの変化分が出力電圧として得られますが，条件が満たされないと，リニアリティ不良となってきます．本器の場合そのための補正回路が含まれており，リニアリティ改善に役立っています．最終的な保証性能としては第3図のとおり，

「電極間2 mm±1 mmの変化で5 V」

の出力が得られます．実際の特性を測ったものが第4図です．ちなみに，

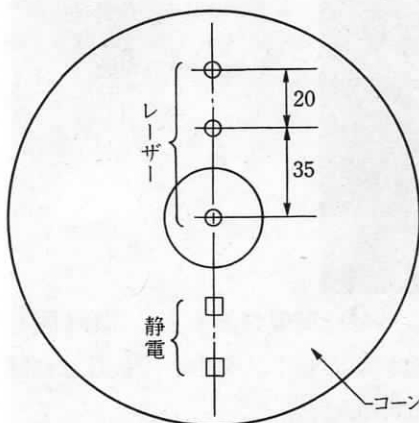
〈第6図〉静電型変位針用の電極

●今回作った対向式電極

〈第7図〉容量変化を使ってコーンの変位を調べる方法．ここでは(A)を使用

〈第8図〉測定セット

◀〈第9図〉静電変位針でのデータ

〈第10図〉▶静電型変位針のデータ（上）とレーザー変位針のデータ（下）を比べる

電極構成とその容量の理論式を**第5図**に示しておきます．

静電型変位計の応用

具体的には，固定極とコーン紙に張り付けたアルミ箔電極とで容量を形成するわけですが，アルミ箔電極からの配線が問題になります．コーン紙の各部にこの電極を取り付けるわけですから，配線がゴチャゴチャになる可能性があり，実用的ではありません．

2枚の電極からの配線の問題をクリアするため電極構成を変更し，**第6図**のようなものを作りました．すなわち，固定極側にペアの電極を作ってしまいます．アルミ箔電極は間接的にその固定2電極の容量に影響を与えます．等価回路で示せば**第7図**のようになります．

これで電極配線の問題はクリアできました．コーン紙の任意の場所にアルミ箔を貼り，そこの振動をピックアップします．任意の場所となると，固定2電極とアルミ箔電極との平行性が問題になりまが，固定2電極棒のホルダーに回転機構のあるものを使って解決しました．理科の実験室の感じです．

〈第11図〉静電型変位針とレーザー変位針の測定点は対称の位置を選んである

基礎実験はスピーカを上向きにおいて，固定2電極棒をハイトゲージに取り付け，**第8図**のように構成しましたが，振動問題でトラブルが発生しました．1.5 cm鉄板上にセットしたのですが，スピーカをドライブすると，その反作用で鉄板が振動し，センサ側へ振動が回り込んでしまうのです．

この防止には18 mmのベニア厚板を使いました．f_0付近の周波数でも，センサ・サイドへは伝わってきません（手指での触感）．

以上のセッティングで，スピーカを120 Hzでドライブしたときの静電変位計出力波形を，**第9図**に示します．

このスピーカは真空管の振動試験に使ったものを振動源として活用したもので，結果がオーディオ用に直結するものではありません．

テストの全景を**カット写真**に示します．念のため，スピーカ同一部分でのレーザーでの変位波形とアルミ箔での変位波形を比較しました（**第10図**）．

本番テスト，スピーカへの準備

9月号のレーザー用反射鏡をとりつけたスピーカへアルミ箔を貼り付けます．反射鏡と対称位置につけたアルミ箔とのレスポンスを見ることからスタートします．コーン面の振動姿態写真（ホログラム応用）などから推定すると，中心からの対称位置がかならずしも同一のパターンで動いているとはかぎりませんが，1つのきっかけとします．

●容量型変位針を使ったときの測定風景全景